



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Miika Niemi

SÄHKÖKESKUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Opinnäytetyö
Helmikuu 2013

	<p>OPINNÄYTETYÖ Helmikuu 2013 Sähkötekniikan koulutusohjelma</p> <p>Karjalankatu 3 80200 JOENSUU</p>
<p>Tekijä Miika Niemi</p>	
<p>Sähkökeskusten käyttöönottotarkastus</p> <p>Toimeksiantaja Suomen Nestlé Oy</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli toteuttaa lastenruokatehdaskiinteistön uusien sekä vanhojen sähkökeskusten, moottorikeskuksen sekä logiikkakeskuksen käyttöönottotarkastus yhdessä urakoitsijan kanssa.</p> <p>Tarkoitus on myös perehdyttää lukija erilaisiin sähkötarkastuksiin, sekä siihen kuinka käyttöönottotarkastus toteutetaan. Työssä otettiin huomioon tarkastusten standardien mukaisuus sekä oikeellisuus. Keskukset tulivat syöttämään sähköä tehdaskiinteistön lastenruokalinjaston koneille, kuljetuslinjastoille, moottoreille sekä ohjaamaan niitä.</p>	
<p>Kieli suomi</p>	<p>Sivuja 32</p>
<p>Asiasanat sähkökeskukset, käyttöönotto</p>	

 Karelia UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	THESIS February 2013 Degree Programme in Electrical Engineering Karjalankatu 3 80200 JOENSUU
Miika Niemi	
Inspections of electrical cabinet's Commissioned by Suomen Nestlé Oy	
Abstract The subject of this thesis was to execute an initial commissioning inspection with the contractor for the electrical cabinet, motor cabinet and logic cabinet. The purpose of this study is also to brief the reader about different electrical inspections and how the initial inspection is executed. In this thesis it was taken into account that the inspections were in compliance with standards. The cabinets provide electricity for the factory's machines, conveyor lines, motors and control them.	
Language Finnish	Pages 32
Keywords electrical cabinets, implementation	

Sisällysluettelo

1 Johdanto	5
2 Suomen Nestlé Oy	6
3 Sähkötarkastukset sekä mittaukset	7
3.1 Käyttöönottotarkastus.....	8
3.1.1 Käyttöönottotarkastus dokumentit.....	9
3.2 Varmennustarkastus.....	10
3.2.1 Varmennustarkastuksen sisältö ja ajankohta	11
3.3 Määräaikaistarkastus.....	13
3.4 Tarkastusmittaukset	15
3.4.1 Eristysresistanssin mittaus	16
3.4.2 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus.....	17
3.4.3 Syötön automaattinen poiskytkentä	18
3.5 Mittaustapahtumien kulku	19
4 Tutkimuksen tarkoitus, ongelmat ja tehtävät.....	21
5 Toteutus.....	22
5.1 Keskusten valinnan perusteet	22
5.2 Mittaukset.....	24
5.2.1 Mittauksissa huomioitavat asiat	25
5.2.2 Mittausten toteuttaminen	26
6 Tulokset	29
7 Pohdinta	31
Lähteet	32

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena oli sähköasennusten käyttöönottotarkastus sekä toteuttaa lastenruokatehdaskiinteistön uuden sähkökeskuksen, moottorikeskuksen sekä logiikkakeskuksen käyttöönottotarkastus yhdessä urakoitsijan kanssa. Työssä huomioitiin tarkastusten standardien mukaisuus sekä niiden oikeaoppinen suorittaminen. Työssä syvennytään siihen, kuinka käyttöönottotarkastus suoritetaan, mitä mittauksia se pitää sisällään ja kuinka nämä mittaukset toteutetaan.

Tässä opinnäytetyössä esitellään käyttöönottotarkastuksen lisäksi myös varmennustarkastus sekä määräaikaistarkastus, koska sähkökeskusten standardien mukainen ja turvallinen käyttö näin edellyttää sekä perehdytetään lukija siitä, kuinka käyttöönottotarkastus toteutetaan.

2 Suomen Nestlé Oy

Suomen Nestlé Oy on perustettu vuonna 1973 ja se on Sveitsissä vuonna 1866 perustetun Nestlé S.A:n tytäryritys. Aluksi Suomen Nestlé Oy oli puhtaasti maahantuontiyritys, joka ryhtyi maahantuomaan ja markkinoimaan Nescafé-, Nestea-, Nesquik- ja Maggi-liemikuutioiden tuotteita. 1989 Nestlé rakensi ensimmäisen valmisruokatehtaan Suomeen. Nykyisin Nestléllä on Suomessa kaksi valmisruokatehdasta, Turengissa ja Turussa, sekä pääkonttori löytyy Espoossa. Nestlé työllistää Suomessa 450 elintarvikealan ammattilaista.

Vuonna 1998 Suomen Nestlé Oy osti Turun tehtaan toiminnot Suomen Unilever Oy:ltä. Samaisena vuonna Nestléstä tuli myös Suomen markkinajohtaja tölkkilastenruuissa.

Suomen Nestlé Oy Turun tehtaassa valmistetaan Bona ja Piltti lastenruuat, sekä se toimii Nestlén Suomen keskusvarastona. Lastenruokia toimitetaan Suomen, Venäjän sekä Keski-Euroopan maihin asti. Turun tehdas työllistää 130 ihmistä. [1;2]

3 Sähkötarkastukset sekä mittaukset

Sähköasennusten tarkastuksilla sekä mittauksilla varmennetaan käyttöönotettavien sähköasennusten turvallisuus käyttöönoton yhteydessä sekä asennusten käyttöänsä ajan, niin käyttäjälle kuin ympäristöllekin. Näihin tarkastuksiin kuuluu käyttöönototarkastus, varmennustarkastus ja määräaikaistarkastus. Mittaukset sekä tarkastettavat asiat, joita nämä tarkastukset pitävät sisällään, ovat eristysresistanssimittaukset, suojajohtimen jatkuvuusmittaukset, SELV- ja PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotus, lattia- ja seinäpintojen resistanssi, syötön automaattisen poiskytkennän toiminta, napaisuus, jännitelujuus ja toiminta sekä silmämääräinen tarkastus.

Keskuksen saavuttua työmaalle, tulee siitä ennen asennustöiden aloittamista varmistaa sen asennusvalmius ja sopimuksenmukaisuus. Keskukselta tulee tarkastaa keskuksen mekaaninen kunto, pintakäsittely, värit ja rajaukset sekä keskuksen arvokilpi ja sen sijainti. Arvokilvessä tulee olla vähintään valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki, mallimerkintä, nimellisjännite, nimellisvirta ja kotelointiluokka. Muut standardin SFS-EN 60439-1:n edellyttämät tiedot voidaan esittää erillisessä teknisessä tuoteselosteessa. [13]

Keskukselta tulee tarkastaa myös sen CE-merkintä, valmistajan tarkastus- ja mittauspöytäkirjat, kilvet ja merkinnät, keskusten asennusohjeet, kokoonpanopiirustus, vaatimustenmukaisuusvakuutus, kaapeleiden sisäänvientiaukot, kaapeleiden liitännätilat, N- ja PE-piirien erotuskohta sekä keskuksen varusteet. Tarkistettavat varusteet ovat kiinnitystarvikkeet, sulakkeen vaihtovälineet, työmaadoitusvälineet, työskentelysuojat, releen palautusväline, ovilukon kolmioavain sekä muut keskuksessa olevat varusteet. Tarkastettavia asioita ovat myös keskuksen kiinnityskohdat ja niiden sopivuus asennusalustaan, keskuksen ylä- ja alapuolen tippumissuoja sekä keskuksen sisäiset keskusosien väliset tippumissuojat.[12]

3.1 Käyttöönottotarkastus

Sähköasennusten tekijän on aina tarkastettava jokainen rakentamansa sähköasennus ennen asennusten käyttöönottoa. Näin voidaan todeta asennusten turvallisuus ja oikeellisuus.

Käyttöönottotarkastus toteutetaan erilaisten mittausten, testien sekä silmäämäräisen tarkastelun avulla ja se on tehtävä ennen asennuksen tai sen osan käyttöönottoa. Tarkastuksesta laaditaan useimmissa tapauksissa tarkastuspöytäkirja, joka luovutetaan sähköasennusten haltijalle. Pöytäkirjasta tulee liitteenä löytyä mittausten ja testien tulokset.

Keskuksen kytkentöjen jälkeen tarkastetaan ja/tai suoritetaan

- päämaadoitusjohtimen liitäntä ja G-merkintä kannessa
- N-, PE- ja PEN-johtimien liitännät ja merkinnät
- PE-kiskon mitoitus N-kiskoon nähden, jos käytössä PEN-johtoja
- mahdollisen potentiaalintasausjohtimen liitäntä ja merkintä
- keskuksen rungon suojamaadoituksen mitoitus ja kansimerkintä
- kosketussuojauksen toteutuminen kannet avattuna ja siitä johtuvat kansien lukitusvaatimukset ja käyttöhenkilökunnan mahdolliset opastusvaatimukset
- riittävien hoitotilavaatimusten toteutuminen
- mahdollisten työmaadoitusvälineiden kiinnitys ja käyttö
- mahdollisten työskentelysuojiin kiinnitys ja käyttö
- mahdollisten mittausvirtamuuntajien muuntosuhde, kytkennät ja oikosulkujen toteutus riviliittimillä sekä muut mittauskytkennät
- liittyvien johtojen merkinnät ja N- sekä PE-johtimien ryhmäkohtainen tunnistettavuus
- mahdollisten vikavirtasuojien lisäys asennuspaikalla, erityisesti N-johtimen oikea mitoitus ja kytkentä
- mahdollisesti vaadittu lähtökohtainen vikavirtamittausmahdollisuus
- sulakkeiden pohjakoskettimet, nimellisvirta ja laukaisukäyrät
- johdonsuojakytkimien laukaisukäyrät ja nimellisvirrat

- johdonsuojakytkimien, lämpöreleiden ja moottorisuojakytkimien etusulakkeiden suuruus
- muiden suojalaitteiden laukaisualueiden asetusarvot ja mekaaninen toiminta
- keskuksiin sijoitettujen aika-, säätö- yms. laitteiden toiminta-arvot ja asettelut
- eristysvastusmittaus.

Tarkastusten ja mittausten tulokset tulee dokumentoida.[12]

3.1.1 Käyttöönottotarkastus dokumentit

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on myös allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. [9]

Käyttöönottotarkastuksesta tulee useimmissa tapauksissa tehdä käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Kuitenkaan KTM:n päätöksen 517/96 4 §:n mukaan käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä:

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä,
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista,
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä tai näihin verrattavista toimenpiteistä,
- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä,
- 5) nimellisjännitteeltään enintään 1 000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta eikä
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista. Edellä mainituista tapauksista on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa

annettava laitteiston haltijalle. Ensimmäisessä kohdassa mainituilla sähköalan töillä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä, tarkoitetaan KTM päätöksen 516/96 10 § mukaisia töitä. Näitä ovat:

- 1) enintään 250 voltin nimellisjännitteisten asennusrasioiden peitekansien irrotusta ja kiinnitystä, yksivaiheisten pistotulppien, liitosjohtojen, jatkojohtojen ja sisustusvalaisimien asennus-, korjaus- ja huoltotöitä sekä näihin rinnastettavia töitä,
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisiin tai 120 voltin tasajännitteisiin laitteistoihin kohdistuvia sähkötöitä,
- 3) käyttötöitä sähkölaitteistossa, jonka jännitteiset osat on suojattu tahattomalta koskettamiselta sekä
- 4) omaan käyttöön rakennettujen sähkölaitteiden korjaamista, jos tämä liittyy sähköalan harrastustoimintaan. On hyvä huomata, että vaikeivät sähköturvallisuuksäädökset aina edellyttävät käyttöönottotarkastuspöytäkirjan tekemistä, testaustulokset tulee tarvittaessa luovuttaa laitteiston haltijalle. Samoin asunto-osakeyhtiölain perusteella on tiettyjä vaatimuksia työn luovuttamisesta ja tilaaja voi edellyttää sopimuksissa käyttöönottotarkastuspöytäkirjan laatimista. [13]

3.2 Varmennustarkastus

Sähköturvallisuuslaki antaa ministeriölle mahdollisuuden määrätä, että sähkölaitteistolle on tehtävä sen sähköturvallisuuden varmentava varmennustarkastus käyttöönottotarkastuksen lisäksi. Ministeriö on antanut varmennustarkastuksista päätöksen 517/1996.

Päätöksessä jaetaan sähkölaitteistot neljään eri ryhmään, joista ryhmään 1-3 kuuluville laitteistoille on tehtävä varmennustarkastus. Neljänteen ryhmään jäävät pienet sähkölaitteistot, joille ei varmennustarkastusta edellytetä. Näitä ovat lähinnä 1-2 asunnon asuinrakennukset ja muut tavanomaiset rakennukset, joiden sähkölaitteiston pääsulake on enintään 35 A.[3]

Taulukosta 1 nähdään sähkölaitteistojen luokat.

Taulukko 1. Sähkölaitteistojen luokat.[3]

Sähkölaitteiston luokka	
1	<p>a) sähkölaitteistoa asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa</p> <p>b) muuta kuin asuinrakennuksen sähkölaitteistoa, jonka suoja-laitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3</p> <p>d) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta</p>
2	<p>b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;</p> <p>c) sähkölaitteistoa, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;</p> <p>d) sähkölaitteistoa, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria;</p>
3	<p>a) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa;</p> <p>b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;</p> <p>c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa.</p>

3.2.1 Varmennustarkastuksen sisältö ja ajankohta

Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tms. tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle asetetun tason

ja sähkölaitteistolle on tehty käyttöönottotarkastus. Se voidaan osassa kohteita korvata rakentamisesta vastanneen sähköurakoitsijan, jolla siihen on annettu oikeus, varmennuksella.

Tarkastuksesta on laadittava laitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus, jonka tarkastuksen tekijä on allekirjoittanut. Tarkastuksesta on tehtävä ilmoitus kolmen kuukauden kuluessa tarkastuksen suorittamisesta sähköturvallisuusviranomaiselle tai jakeluverkonhaltijalle, jonka vastuualueelle sähkölaitteisto on rakennettu.[3]

Taulukosta 2 voidaan katsoa varmennustarkastuksien luokka, ajankohta sekä kenelle ilmoitus tarkastuksesta tulee tehdä.

Taulukko 2. Varmennustarkastuksen luokka, ajankohta sekä ilmoitus tarkastuksesta.[3]

Sähkölaitteiston luokka	Varmennustarkastuksen ajankohta	Tarkastuksen tekijä	Ilmoitus tarkastuksesta
1	< 3 kk käyttöönotosta	Valtuutettu laitos Valtuutettu tarkastaja Varmennusoikeuden omaava urakoitsija (oma kohde)	Jakeluverkon haltijalle
2a	< 3 kk käyttöönotosta	Valtuutettu laitos Valtuutettu tarkastaja Varmennusoikeuden omaava urakoitsija (oma kohde)	Jakeluverkon haltijalle
2c-d	< 3 kk käyttöönotosta	Valtuutettu laitos Valtuutettu tarkastaja Varmennusoikeuden omaava urakoitsija (oma kohde)	Turvallisuusviranomaiselle
3a	Ennen käyttöönottoa	Valtuutettu laitos	Turvallisuusviranomaiselle
3b	Ennen käyttöönottoa	Valtuutettu laitos Valtuutettu tarkastaja Varmennusoikeuden omaava urakoitsija (oma kohde)	Turvallisuusviranomaiselle
3c	seuraavan kalenterivuoden aikana	Valtuutettu laitos Valtuutettu tarkastaja Varmennusoikeuden omaava urakoitsija (oma kohde)	Turvallisuusviranomaiselle

3.3 Määräaikaistarkastus

Määräaikaistarkastuksia täytyy tehdä tavallisille liike- ja teollisuusrakennuksille. Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan sähkölaitteistojen kunnosta ja niiden käytön turvallisuudesta. Tarkastusten tarkoitus on estää vahinkojen syntyä, esimerkiksi sähköpalojen riskejä. Samalla pyritään varmistamaan, ettei sähkön käyttöön tule laitteistohäiriöistä johtuvia katkoksia. Tarkastukset saattavat myös vaikuttaa laitteiston haltijan vakuutusturvaan ja vahingonkorvausvastuuseen.

Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet, sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon on tarvittavat välineet, piirustukset ja ohjeet ovat käytettävissä sekä sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on olemassa asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

Määräaikaistarkastus on tehtävä julkisissa rakennuksissa sekä liike-, teollisuus- ja maatalousrakennuksissa, joissa pääsulakkeet ovat yli 35 A. Myös liiketiloille, jotka ovat osana asuinrakennusta ja joista löytyy sulakerajan ylittäviä sulakkeita, on tehtävä määräaikaistarkastus. Asuinrakennusten asuintiloille tarkastus ei ole pakollinen. Tavallinen tarkastusväli on 15 vuotta, mutta se voi olla myös 10 tai 5 vuotta.

Määräaikaistarkastuksen tilaa sähkölaitteiston haltija ja se on myös haltijan lakisääteinen velvollisuus. Tarkastuksia tekevät valtuutetut tarkastuslaitokset ja valtuutetut tarkastajat. Tarkastaja tekee tarkastuksesta ilmoituksen jakeluverkonhaltijan rekisteriin sekä vaativimmissa tapauksissa TUKES:lle. Oheisesta taulukosta voi katsoa määräaikaistarkastusten kohteet sekä tarkastusvälin. [4]

Taulukosta 3 voidaan tarkastaa määräaikaistarkastusten kohteet.

Taulukko 3. Määräaikaistarkastusten kohteet.[4]

Laitteistoluokka	Tarkastuksen kohde tai tila	Tarkastuksen tekijä	Tarkastusväli
Luokka 3	kemikaalilupaa edellyttävät räjähdysvaaralliset tilat lääkintätilat leikkaussaleja sisältävissä sairaaloissa ja lääkäriasemilla sekä verkkoyhtiöiden sähköverkot	<ul style="list-style-type: none"> • valtuutettu laitos • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja 	5 vuotta
Luokka 2	Suurjänniteliittyjät ja yli 1600 kVA:n pienjänniteliittyjät, muut lääkintätilat	<ul style="list-style-type: none"> • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja 	10 vuotta
Luokka 1	muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jossa pääsulakkeet tms. ovat yli 35 A (mm. julkiset rakennukset, liike-, teollisuus- ja maatalousrakennukset, ulkoilualueet) sekä ilmoituksenvaraiset räjähdysvaaralliset tilat	<ul style="list-style-type: none"> • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. (30.4.2004 asti myös sähköasennusurakoitsija tai pätevyystodistuksen haltija) 	15 vuotta

3.4 Tarkastusmittaukset

Tarkastusmittauksissa tulee tarkistaa eristysresistanssi, suojajohtimen jatkuvuus sekä automaattisen poiskytkennän toimivuus. Kaikki tulokset tulee dokumentoida käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan.

Kuvassa 1 nähdään erään yrityksen käyttöönottotarkastuspöytäkirja.

**KÄYTTÖÖNOTTO-
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Työkohde _____

Osoite _____
 puhelin/koti _____ puhelin/työ _____

tarkastuksen peruste uudisasennus muutos/ajajennus korjaus uusinta muu/mikä _____

jakeluverkko FKE Oy Vattenfall Oy muu _____

liittymän oikosulkuvirta(pienin) _____ A
 nimellisjännite 230/400V 230V oikosulkuvirta(suurin) _____ A

kohdepiirustus ja mittaustulokset

litteet _____ kpl

mittalaitteet telaris O100s machine master testavit schuki
 _____ muu _____

TUKE:in ohjeessa S10 vahvistettujen standardien tai
 niiden muusattavien julkaisujen mukainen
 turvallisuustaso saavutettu ei saavutettu (puutteet litteenä)

tarkastaja _____

Kuva1. Erään yrityksen käyttöönottotarkastuspöytäkirja.

3.4.1 Eristysresistanssin mittaus

Asennuksen eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Eristysresistanssi on mitattava kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. Tämä mittaus tulee tehdä ennen muita mittauksia, jotta esimerkiksi jatkuvuusmittauksia tehtäessä on selvillä, ettei nolla- ja suojohtimia ole kytkettynä yhteen missään asennuksen osassa.

Mittaus tehdään eristysresistanssimittarilla ennen laitteiston käyttöönottoa. Mittaus on tehtävä tasavirralla ja mittalaitteen on kyettävä syöttämään koejännitteen mukaisella jännitteellä 1 mA:n virta.[5]

Eristysresistanssimittauksien tavoitteena on

- tarkistaa asennuksen jännitteisten osien eristystila maata vasten
- varmistua, ettei asennuksen eristystila ole heikentynyt asennuksen aikana
- selvittää, ettei N- ja PE-johdinta ole kytketty yhteen niiden eriytymispisteen jälkeen
- tarkistaa, ettei SELV-, PELV-, FELV- ja suojaerotettu piiri ole yhteydessä muihin piireihin
- tarkistaa, ettei vikavirtasuojattu piiri ole yhteydessä muihin piireihin[56].

Taulukosta 4 nähdään eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot

Taulukko 4. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot.[5]

		Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot
Virtapiirin nimellisjännite [V]	Koejännite (DC) [V]	Eristysresistanssi [MΩ]
SELV, PELV	250	> 0,25
< 500 V	500	> 0,5
> 500 V	1000	> 1,0

3.4.2 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Testauksen tarkoitus on selvittää, että kosketusjännitesuojauksen edellyttämät suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia ja niiden liitokset on tehty kunnolla. Testaus tehdään jännitteettömässä laitteistossa. Siinä mitataan jännitteelle alttiin osan sekä näitä lähinnä olevan pääpotentialintasaukseen liitetyn pisteen välisen suojajohtimen resistanssi. Se tehdään laitekohtaisesti.

Testin tulosta pidetään tyydyttävänä, jos testaukseen käytetty laite antaa riittävän hyvän lukeman. Hyväksyttävälle mittaustulokselle ei siis ole annettu mitään tarkkaa raja-arvoa. Mittaustulosta tulee verrata mitattavan johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella arvioitavissa olevaan arvoon. Tämä yleensä on enintään noin 1 Ω . Pitkillä suojajohtimilla arvo voi olla suurempikin.

Testi tulisi tehdä käyttämällä syöttöä, jonka kuormittamaton jännite on 4 ... 24 V tasa- tai vaihtojännitteellä ja minimivirta 0,2 A.[6]

3.4.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä on yksi kosketusjännitesuojaustapa (SFS 6000-4-413). Sen käyttö edellyttää vikavirtapiirin impedanssin tai suojajohtimen resistanssin mittausta sekä suojalaitteiden ominaisuuksien tarkastamista.

Mikäli suunnitelmat sisältävät laskelmat, joissa on laskettu vikavirtapiirien impedanssit ja johtimien poikkipinnat sekä pituudet voidaan tarkastaa, ei automaattisen poiskytkennän toimintaa tarvitse tarkastaa mittaamalla.

Mittaus suoritetaan suojauksen kannalta huonoimmista kohdista mittaamalla oikosulkuvirta. Mittaus on tehtävä jokaisen ryhmäjohto- ja suojalaitteeseen sekä erityyppisen suojalaitetyypin pisimmän ryhmäjohtimen päästä. Se on tehtävä myös jokaisen keskuksen kiskostoista. Saatua arvoa verrataan ryhmää suojaavan suojalaitteen toimintavirtaan. Koska mittaus tehdään yleensä huoneenlämmössä, tulee mitattujen arvojen olla suojalaitteen toimintarajavirtaa suurempia. Näin saadut arvot ovat verrannollisia laskelmilla saatuihin, joissa käytetään +80 °C:een johdinlämpötilaa. Standardi edellyttää, että mitattu impedanssi on 80 % sallitusta suurimmasta impedanssiarvosta. Suurin sallittu impedanssi saadaan vaihejännitteen ja suojalaitteen toimintarajavirran avulla ($Z_s = U_0/I_a$). Mikäli mittaus tehdään oikosulkuvirtamittauksena, tulee mitatun virran olla 25 % suurempi kuin toimintarajavirta.[7]

3.5 Mittaustapahtumien kulku

Ennen mittausten aloittamista tulee asentajan ensin tarkastaa työn jälki silmämääräisesti. Silmämääräisessä tarkastuksessa on todettava ja varmistettava, että seuraavat asiat ovat asianmukaisella tasolla:

- asennettavat osat eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita
- sähköiskusuojaukseen käytetyt menetelmät
- palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet
- johtimen valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteen aleneman kannalta
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- nolla- ja suojajohtimien tunnuksot
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- johtimien liitosten sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila.[8]

Kun silmämääräisesti on todettu kaiken olevan kunnossa, erotetaan asennus syötöstä ja siirrytään eristysresistanssimittauksiin. Eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. Mittaus tehdään asianmukaisella eristysresistanssimittarilla. Mittaus suoritetaan siten, että asennus on erotettu syötöstä eli asennus on jännitteetön. Mittausten aikana äärijohtimet saa kytkeä yhteen, eikä kulutuskojeiden tarvitse olla kytkettynä verkkoon.

Seuraavaksi tarkastetaan suojajohtimen jatkuvuus. Tässä mitataan jännitteelle alttiin osan sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välisen suojajohtimen resistanssi ja tämä tehdään jokaiselle laitteelle. Testin tulosta voi pitää tyydyttävänä, mikäli resistanssi on pienempi kuin 1Ω . Pitkillä suojajohtimilla arvo voi kuitenkin olla suurempikin.

Seuraavaksi kytketään asennus takaisin syöttöön ja tarkastetaan automaattisen poiskytkennän toimiminen. Mikäli suunnitelmat sisältävät laskelmat, joissa on laskettu vikavirtapiirien impedanssit ja johtimien poikkipinnat sekä pituudet voidaan tarkastaa, ei automaattisen poiskytkennän toimintaa tarvitse tarkastaa mittaamalla. Mikäli näitä laskelmia ei ole suoritettu, mitataan oikosulkuvirta suojauksen kannalta huonoimmista kohdista. Mittaus tehdään jokaisen ryhmäjohtaja suojalaitteeseen sekä erityyppisen suojalaitetyypin pisimmän ryhmäjohtajan päästä. Se tehdään myös jokaisen keskuksen kiskoista. Saatua arvoa verrataan ryhmää suojaavan suojalaitteen toimintavirtaan. Jos mittaus toteutetaan huoneenlämmössä tulee oikosulkuvirran mitatun arvon olla 25 % suurempi kuin toimintarajavirta. Jos toimintaympäristö huomattavasti lämpimämpi, ei oikosulkuvirran tarvitse olla näin paljoa suurempi.[7]

4 Tutkimuksen tarkoitus, ongelmat ja tehtävät

Tarkoitus oli perehtyä sähkökeskusten käyttöönottotarkastuksiin, toteuttaa käyttöönottotarkastus tehtaalle kesän projekteissa mukana tulleille moottori-, logiikka- sekä sähkökeskuksille yhdessä urakoitsijan kanssa. Keskuksista kolme oli jo olemassa olevia yksiköitä, jotka siirtyivät tehtaan toisesta kerroksesta uusiin teknisiin tiloihin kellariin. Kolme keskuksista oli taas aivan uusia. Keskukset tulivat syöttämään sähköä tehdaskiinteistön lastenruokalinjaston koneille, kuljetuslinjastoille, moottoreille sekä ohjaamaan niitä.

Silmämääräinen tarkastaminen oli suoritettu pääosin jo asennusvaiheessa, joten se toteutettiin vain päällisin puolin, eikä tarkka tarkastaminen olisi valmiista keskuksista enää onnistunutkaan.

Minun tehtäväkseni jäi valvoa, että käyttöönottotarkastus toteutetaan asianmukaisella tavalla sekä avustaa sähköasentajaa käyttöönottomittausten eri vaiheissa. Tarkoitus on myös laatia asentajalle muistinvirkistykseksi ohje, josta hän voi tarkastaa kaikki käyttöönottotarkastusmittauksen vaiheet sekä luntata, miten tämä kyseinen vaihe toteutetaan.

Tilat uusille sekä vanhoille, siirtyville keskuksille, löytyivät tehtaan kellarikerroksen vanhasta laitteiden pesuhuoneesta.

5 Toteutus

Tehtaalle tilattiin erikoistilaustavarana Saksasta moottorinohjaus- sekä logiikka-keskukset. Nämä kaksi keskusta tulivat ohjaamaan tehtaan lastenruokalinjaston kuljettimien, lasintarkastuslaitteen sekä lasipesurin moottoreita sekä toimintaa. Tehtaan toisesta kerroksesta siirrettiin kaksi sähkökeskusta tehtaan kellarikerrokseen yhdessä suomalaisen aliurakoitsijan kanssa. Nämä sähkökeskukset vastasivat lastenruokalinjaston sähkönsyötöstä. Moottoreita linjastosta löytyi reilu 20 kappaletta.

Kun keskukset oli asennettu ja kaikki koneet yhteydessä niihin, suoritimme asennuksille käyttöönottotarkastuksen. Tarkastus koostui eristysresistanssi-, suojohtimen jatkuvuus- sekä oikosulkuvirtamittauksista.

5.1 Keskusten valinnan perusteet

Aluksi selvitetään keskuksen ympärillä vallitsevat olosuhteet, jonka perusteella valitaan keskukselle määräytyvä IP-luokitus. IP tulee sanoista International Protection ja sillä määritetään keskuksen suojaus pieniä kappaleita, esim. pölyä, vastaan sekä keskuksen vedenpitävyys. IP-luokitus tulee tehdä taulukosta 5 löytyvän ohjeistuksen mukaan.

Tilojen seinäpinta-ala tulee myös ottaa huomioon, täytyy varmistaa, että keskukset mahtuvat tiloihin. Tiloista tulee myös varmistaa, että keskusten eteen jää riittävä huoltotila, sekä todeta ilmanvaihdon riittävyys kyseisiin tiloihin. Jos ilmanvaihto on puutteellista, tulee tiloihin suunnitella asianmukainen jäähdytys.

Se täytyykö keskukset tilata erikoistilaustavarana, tulee myös selvittää.

Taulukosta 5 voidaan katsoa sähkölaitteiden koteloinnin IP-luokat.

Taulukko 5. Sähkölaitteiden IP kotelointiluokat, kotelon ulkokuoren tiiviys.[9]

IP koodi	Numero tai kirjain	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuoja- uksessa
Ensimmäinen tunnusnumero		<i>Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä:</i>	<i>Vaaralliset osat kosketussuojattu:</i>
	0	(suojaamaton)	(suojaamaton)
	1	kun halkaisija \geq 50 mm	nyrkiltä
	2	kun halkaisija \geq 12,5 mm	sormelta
	3	kun halkaisija \geq 2,5 mm	työkalulta
	4	kun halkaisija \geq 1 mm	langalta
	5	Pölysuojattu	langalta
	6	Pölytiivis	langalta
Toinen tunnusnumero		<i>Suojattu veden sisäänpääsyn haitalliselta vaikutukselta</i>	-
	0	(suojaamaton)	
	1	pystysuoraan tippuvalta vedeltä	
	2	tippuvalta vedeltä (laitt.kallistus 15°)	
	3	satavalta vedeltä	
	4	roiskuvalta vedeltä	
	5	vesisuihkulta	
	6	voimakkaalta vesisuihkulta	
	7	lyhytaikaisesti upotettuna	
	8	jatkuvasti upotettuna	

5.2 Mittaukset

Mittaukset tulee suorittaa asianmukaisella, standardit täyttävällä mittalaitteella, esim. Unitest Telaris 0100 plus-mittarilla.

Standardit täyttävän mittalaitteen tulee vikavirtasuojakytkimen testauksissa täyttää standardisarjan SFS 61557 osa 6. Se edellyttää mittalaitteelta 5-kertaisen vikavirran käyttöä testauksissa ja A-tyyppin laitteiden testausta.

Standardit täyttävissä jatkuvuusmittauksissa mittalaitteen oikosulkuvirran tulisi olla vähintään 200 mA:n alueella 0,2-2 Ω . Eristystilamittauksissa mittalaitteen tulee kyetä syöttämään 500 V:n mittaalueella 500 k Ω :n kuormaan vähintään 1 mA:n virta.

Mittalaite tulee kalibroida silloin, kun laatujärjestelmä tai ohjeistus edellyttää sitä, laite hajoaa tai laite ei anna enää luotettavia mittaustuloksia. Tarkkuusvaatimukset erilaisiin mittauksiin määritellään standardisarjassa SFS-EN 61557. [10]

5.2.1 Mittauksissa huomioitavat asiat

Jos mittauksissa toimitaan eri järjestelmien välisten tilatietojen kanssa, täytyy tämä huomioida mittauksissa. Järjestelmät täytyy eristää mittausten ajaksi, muuten tämä voi vaikuttaa mittaustuloksiin väärentäen niitä. Myös oikean ryhmän mittauksen kanssa tulee olla erityisen tarkka.

Jos samassa tilassa on pääkeskus, moottorinohjauskeskus ja logiikkakeskus, joka ohjaa väylän välityksellä moottoreita, on mittauksissa huomioitava se, että väylät ovat irti toisistaan. Tämä täytyy tehdä sen takia, jotta säätölaitteet pysyvät kunnossa.

Mittauksissa tulee myös huomioida mahdollinen ylijännitesuoja, joka viallisena voi vaikuttaa mittaustuloksiin. Jos kyseessä viallinen ylijännitesuoja, näyttää se vuotoa eristysvastuksessa.

5.2.2 Mittausten toteuttaminen

Silmämääräinen tarkastaminen suoritetaan pääosin asennusvaiheessa. Tässä tarkastetaan se, että asennettavat osat eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita, sekä se että sähköiskusuojaukseen käytetyt menetelmät on toteutettu oikeaoppisesti.

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asennusten yhteydessä tarkastetaan myös napaisuus. Näiden kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Tämän vuoksi on varmistettava, että nämä kytkinlaitteet on kytketty vaihejohtimiin.[11]

Kun napaisuus ja silmämääräinen tarkastaminen on suoritettu, erotetaan asennus syötöstä ja aloitetaan mittaukset. Ensimmäinen suoritettava mittaus on eristysresistanssin mittaus. Näin voidaan varmistaa se, ettei nolla- ja suojajohtimia ole kytkettyinä yhteen asennuksessa.

Kuvassa 2 nähdään eristysresistanssin mittaus kahden vaiheen väliltä.



Kuva 2. Eristysresistanssin mittaus UNITEST TELARIS –mittarilla.

Seuraavaksi tehdään suojajohdinten jatkuvuusmittaukset keskuksen maadoituskiskon sekä kaikkien keskuksessa kytköksissä olevien laitteiden väliltä.

Kuvassa 3 nähdään suojajohtimen jatkuvuusmittaus keskuksen päästä.



Kuva 3. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus keskuksen päästä.

Kuvassa 4 nähdään suojajohtimen jatkuvuusmittaus moottorin kotelosta.



Kuva 4. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus moottorin kotelosta.

Jännitteettömien mittausten jälkeen suoritettiin oikosulkuvirtojen sekä silmukkaimpedanssien mittaukset. Oikosulkuvirran arvosta voidaan tarkastaa automaattisen poiskytkennän toimivuus.

Mittausten jälkeen tehdään asennetuille suojalaitteille sekä kytkin-, käyttö-, ohjaus-, lukituslaitteille toimintatestit sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein.

Vikavirtasuojakytkimille edellytetään tehtäväksi seuraavat testaukset:

- testipainikkeen testaus
- laitteen toimintavirta
- ulos asennettujen suojiin pakkaskestoisuus[11]

6 Tulokset

Keskusten koteloiden suojaustarveluokaksi todettiin IP34-luokan riittävän erinomaisesti.

Eristysresistanssin mitatuksi arvoksi saatiin 199,9 M Ω . Tämä tarkoittaa sitä, ettei nolla- tai suojohtimia ole kytketty virheellisesti yhteen missään asennuksen vaiheessa. Koejännitteen ollessa 500 V(DC) on tämä mitattu arvo reilusti yli pienimmän sallitun arvon, joka tässä tapauksessa on 0,5 M Ω .

Suojajohtimen jatkuvuusmittauksen tulokset vaihtelivat 0,1 Ω ja 0,2 Ω välillä. Näistä arvoista nähdään suojajohtimen jatkuvuuden olevan kunnossa sekä voidaan todeta, että liitokset on tehty oikein. Hyväksytylle mittaustulokselle ei ole tiettyä raja-arvoa, joten arvioimme tulokset johtimien poikkipinnan sekä pituuden perusteella. Tulimme siihen tulokseen, että jos arvo lähentelee tai on enemmän kuin 1 Ω , voi liitoksissa olla vikaa.

Oikosulkuvirran mitatuksi arvoksi saatiin 4,6 kA. Johtimen nimellisvirran ollessa 125 A ja suojalaitteen ollessa gG-tyyppin kahvamallinen sulake, on vaadittu minimiarvo oikosulkuvirralla 1,813 kA. Tästä voidaan todeta, että syötön automaattinen poiskytkentä toimii toivotulla tasolla.

Kuvassa 5 käyttöönottotarkastuspöytäkirja, jossa näkyy eristysresistanssi sekä oikosulkuvirran mittaustulos erään ryhmäkeskuksen ja moottorikeskuksen välillä.

**KÄYTTÖÖNOTTO-
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Työkohde Suomen Nestle
MK 13.05.03.2.1

Osoite Pausiontie 43 Turku
 puhelin/koti _____ puhelin/työ _____

tarkastuksen peruste uudisasennus muutos/laajennus korjaus uusinta muu/mikä

jakeluverkko FKE Oy Vattenfall Oy muu _____

liittymän oikosulkuvirta(pienin) _____ Ω _____ A

nimellisjännite 230/400V 230V oikosulkuvirta(suurin) _____ Ω _____ A

kohdepiirustus ja mittaustulokset

RK 13.05.03 125/125A
 MCKK 4x50+25

$R_{ins} = 799,9 \text{ M}\Omega$

$I_k = 4,6 \text{ kA } 0,05 \Omega$

MK 13.05.03.2.1

liitteet: _____ kpl

mittalaitteet telaris 0100s machine master testavit schuki
 _____ muu _____

TUKESin ohjeessa S10 vahvistettujen standardien tai niihin rinnastettavien julkaisujen mukainen turvallisuustaso saavutettu ei saavutettu(puutteet liitteenä)

tarkastaja _____

5.7. 2012
 aika ja paikka _____ allekirjoitus _____

Kuva 5. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja, jossa eristysresistanssin sekä oikosulkuvirran mittaustulokset.

7 Pohdinta

Lähdeaineiston pohjalta saatiin kerättyä hyvin tietoa käyttöönotto-, varmennus- ja määräaikaistarkastuksista. Näitä tietoja voidaan käyttää nyt ja tulevaisuudessa muistinvirkistykseenä, mikäli lukijalle jokin näistä tarkastuksista tulee eteen. Lähdeaineiston pohjalta saatiin myös kattava perehdytys siitä, kuinka käyttöönottotarkastus tulee toteuttaa ja mitä mittauksia se pitää sisällään. Alun perin työn piti lähestyä aihetta osittain eri näkökulmasta, mutta työnantajapuolen ohjauksen puute sai lopullisen rungon näyttämään tämänlaiselta, mitä se nyt on.

Lopputuloksena syntyi lyhyt katsaus siitä, minkälaisia tarkastuksia sähkölaitteilta vaaditaan, kuinka käyttöönottotarkastus toteutetaan sekä mitä mittauksia käyttöönottotarkastus pitää sisällään. Työn alkuperäinen päämäärä, toteuttaa käyttöönottotarkastus yhdessä urakoitsijan kanssa, toteutui hyvin. Käyttöönottotarkastuksista ei aikaisempaa kokemusta juurikaan ollut, joten tämä mittausten fyysinen toteuttaminen tuki erinomaisesti sitä teoretietoa, mitä olin lähdeaineistosta löytänyt.

Mittaustulosten luotettavuuden tulee olettaa olevan kunnossa, koska mittaukset suoritettiin osaavan ammattilaisen kanssa, heidän valvomassaan ympäristössä sekä standardit täyttävällä mittalaitteella.

Osio, joka käsittelee käyttöönottotarkastuksiin sisältyviä mittauksia, saatiin toteutettua tarpeeksi hyvin fyysisten mittausten loppuunsaattamiseksi. Jokainen kone, jolle tarkastamistamme keskuksista sähköä syötettiin, toimi moitteettomasti.

Kokonaisuudessaan työssä saavutettiin dokumentti yleisimmistä sähkölaitteiden tarkastuksista sekä käyttöönottotarkastuksen yhteydessä toteutettavista mittauksista. Henkilökohtaisesti olen sitä mieltä, että onnistuin tässä hyvin.

Lähteet

- 1 Suomen Nestlé Oy. 2012. Historia.
<http://www.nestle.fi/aboutus/Pages/Historia.aspx>. [26.2.2013.]
- 2 Suomen Nestlé Oy. 2012. Piltti täyttää 60 vuotta.
<http://www.nestle.fi/media/pressreleases/Pages/Piltti60.aspx>. [26.2.2013.]
- 3 Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2005. Varmennustarkastus.
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132189695/1134132359099/1134133347779.html>. [26.2.2013.]
- 4 Turvatekniikan keskus. Sähköasennusten määräaikaistarkastukset.
http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/maara_aikaistarkastukset.pdf. [26.2.2013.]
- 5 Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2005. Eristysresistanssimittaus.
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133739307/1134133840901.html>. [26.2.2013.]
- 6 Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2005. Suojajohtimen jatkuvuus.
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133714588/1134134045570.html>. [26.2.2013.]
- 7 Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2005. Automaattisen poiskytkennän toimiminen.
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133769735/1134134146766.html>. [26.2.2013.]
- 8 Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2005. Käyttöönottotarkastus.
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132189695/1134132345222/1134133061257.html>. [26.2.2013.]
- 9 Sähkökonepaja. Sähkölaitteiden IP kotelointiluokat, kotelon ulkokuoren tiiviys.
<http://www.sahkokonepaja.fi/kotelointiluokat.html>. [26.2.2013.]
- 10 Sähköala 1-2. 2006. Asennustesterivertailu osa II, kenttätetit.
http://www.sahkoinfo.fi.tietopalvelu.karelia.fi/severi/file.aspx?id=2580&path=2580%2f1%2fasennustesterivertailu_1-206.pdf&#search=%20mittalaite. [26.2.2013.]
- 11 Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2005. Toimintakokeet.
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133788953/1134134261302.html>. [26.2.2013.]
- 12
http://www.sahkoinfo.fi.tietopalvelu.pkamk.fi:8080/severi/file.aspx?&id=505&path=505/3/5335_p2.pdf&. [23.6.2012]
- 13
<http://www.sahkoinfo.fi.tietopalvelu.pkamk.fi:8080/severi/file.aspx?&id=4665&path=4665/1/54-55%20kysy,%20me%20vastaamme.pdf&>. [23.6.2012]